

Mineraldüngung

Florian Rahe,
Sensorik und Mechatronik, Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH&Co.KG
Bernd Scheufler,
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück

Kurzfassung

Präzision und Schlagkraft stehen bei der Düngung nach wie vor im Vordergrund. Realisieren lassen sich diese Forderungen nur in Verbindung mit elektronischen Regelmechanismen und dem passenden Datenmanagement.

Die Zentrifugalstreuer – lange Zeit als Einfachgeräte eingeordnet – sind inzwischen aufgerückt in die anspruchsvolle Leistungsklasse der Anbaugeräte. Entsprechend hat sich auch die Kostenstruktur verschoben. Nach wie vor gilt aber auch: Die Kosten für den ausgebrachten Dünger sind um ein Vielfaches höher als die Anschaffungskosten für den Streuer selbst.

Schlüsselwörter

Düngetechnik, Düngung, Precision farming

Fertilizing

Florian Rahe,
Sensorics and Mechatronics, Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH&Co.KG
Bernd Scheufler,
Faculty of Agricultural Science and Landscape Architecture, University of Applied Sciences Osnabrück

Abstract

Precision and speed are the main aspects regarding fertilizing. These can only be solved with electronic controls and data management.

Rotating disc fertilizer spreaders have been seen long times as simple machines. Presently they advanced to the more challenging machines. Therefore the price of these machines changed drastically. Nevertheless, fertilizer spreaders still cost a fraction of the amount which is paid for the fertilizer being broadcasted.

Keywords

Fertilizing, precision farming

Veränderung bei der Kostenstruktur

In der Zeit bis ca. 1985 bestanden die Düngerstreuer fast nur aus mechanischen Baugruppen, lediglich die Schieberbetätigung erfolgte hydraulisch. In den darauf folgenden 25 Jahren wurden zunehmend mikroelektronisch gesteuerte Mechanismen eingebaut. Dieser Anteil wird in nächster Zeit weiter ansteigen, wenn zunehmend hochwertige Sensoren zum Einsatz kommen d.h. es sind nicht mehr die klassisch mechanischen Baugruppen, die den Preis bestimmen, sondern die elektrischen Baugruppen und Sensoren (**Bild 1**). Bei den Herstellern verschieben sich somit auch die Entwicklungsschwerpunkte.

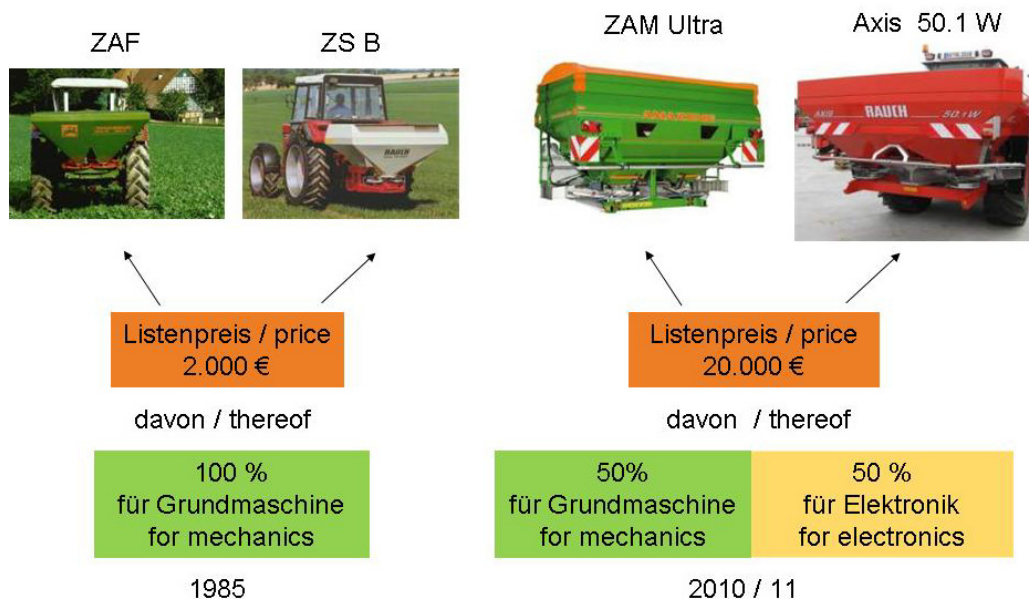


Bild 1: Veränderung der Kostenstruktur bei Düngerstreuern.

Figure 1: Change of cost structure of fertilizer spreaders

Querverteilung in den Grenz- und Übergangsbereichen

Die Wurfweite von Zentrifugalstreuern ist grundsätzlich deutlich größer als deren Arbeitsbreite. In den Grenzbereichen und Übergängen der Feldflächen wie z.B. Vorgewende, Feldgrenzen und Keilstücken, ist es mitunter schwierig die gewünschte gleichmäßige Querverteilung zu realisieren.

Mehrere Hersteller [1], [2], [3] haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem es gelingt, auch diese Grenz- und Übergangsbereiche optimal zu düngen. Dabei werden durch Variation der Scheibendrehzahl und/oder des Aufgabepunktes des Düngers auf die Streuscheibe die Wurfbahnen der Düngerkörner innerhalb des Streufächers so verändert, dass sich eine Querverteilung ergibt, die genau zu den örtlichen Gegebenheiten passt. Die Ausbringmenge wird gleichzeitig angepasst.

Im Bordcomputer des Steuerers sind Algorithmen hinterlegt, die permanent die erforderlichen Einstellwerte berechnen und die Einstellmechanismen entsprechend ansteuern. Es erfolgt gleichzeitig eine Ortsbestimmung mit Hilfe der inzwischen gängigen GPS-Systeme.

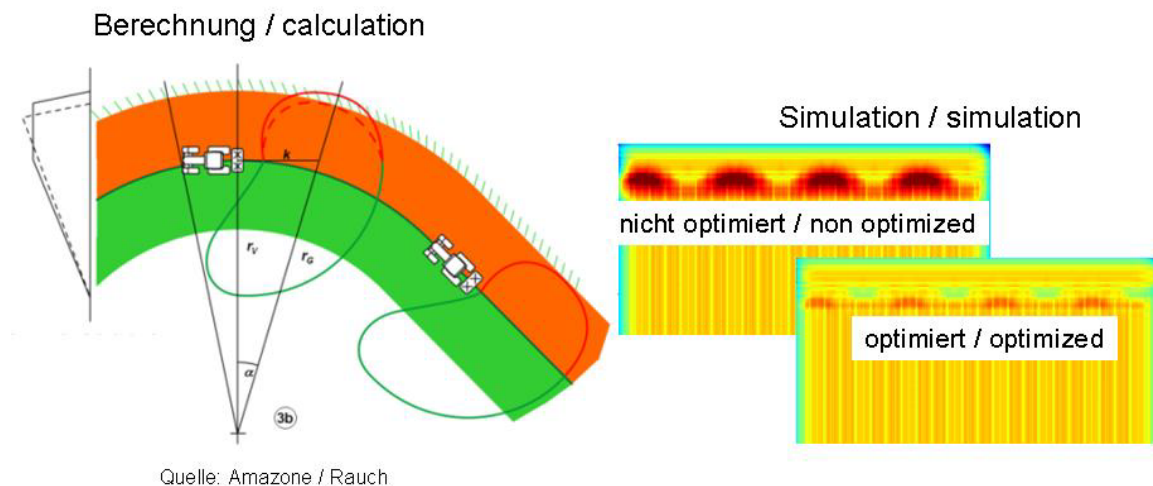


Bild 2: Simulation zur Optimierung des Dünger-Streuprozesses.

Figure 2: Simulation for optimization of fertilizer spreading

Voraussetzung für dieses Arbeitsverfahren sind wissenschaftliche Untersuchungen bzgl. der Erfordernisse bei der Querverteilung. Dazu werden Simulationen auf dem PC durchgeführt, um die Einstellvorgänge zu optimieren (**Bild 2**). Die individuellen Stoffeigenschaften, die sich auf das Flugverhalten der Düngerkörner auswirken, müssen berücksichtigt werden.

Ausgleich des Windeinflusses

Bei der Ausbringung von Mineraldüngern fliegen die Düngerkörner teilweise auf Wurfbahnen, die eine Wurfweite von 40 m überschreiten. Entsprechend groß ist dann die Wirkdauer von Wind. Insbesondere feinkörnige und leichte Düngersorten reagieren empfindlich auf solche Windeinflüsse. Je nachdem wie stark und aus welcher Richtung der Wind weht und welche Düngersorte - ob fein und leicht oder grob und schwer - gestreut wird, verändert sich die Querverteilung (**Bild 3**).

Durch eine Neuentwicklung ist es möglich geworden, den Windeinfluss in einem gewissen Maße auszugleichen. Es wird dazu eine mobile Wetterstation, die die aktuellen Windverhältnisse misst, an der Maschine installiert. Diese Messwerte werden online zum Bordcomputer übertragen. Im Bordcomputer sind für die verschiedenen Düngersorten Stoffdaten, wie z.B. die Schwebegeschwindigkeit, abgespeichert. Durch Praxisversuche und Simulation wurden Algorithmen erstellt, mit denen sich Einstellwerte errechnen lassen, um den Windeinfluss auszugleichen. Ebenso wird angezeigt, wann Grenzwerte auftreten und kein ausreichender Ausgleich mehr möglich ist.

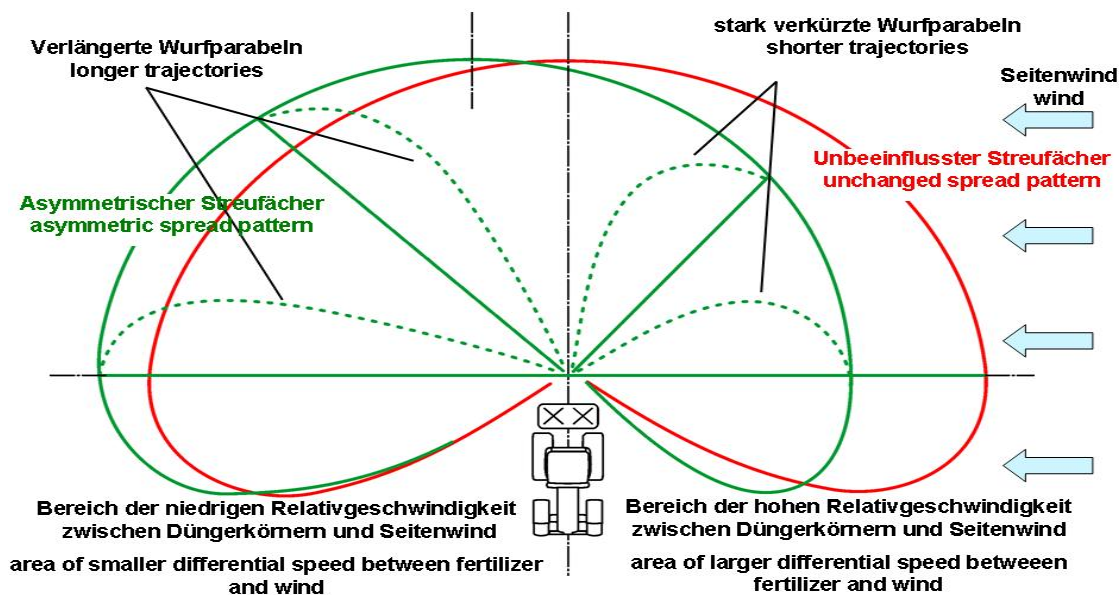


Bild 3: Veränderung des Streufächers unter Windeinfluss
Figure 3: Change of fertilizer pattern affected by wind

Kalkdüngung

Die Eignung eines Bodens als Pflanzenstandort hängt maßgeblich von seinem pH-Wert ab, da dieser Einfluss auf Nährstoffverfügbarkeit und Nährstofffestlegung, Bodenorganismen, Struktur des Bodens und somit auf das gesamte Pflanzenwachstum hat. Eine Versauerung von Böden tritt aufgrund von natürlichen Prozessen (z.B. Wurzelausscheidungen) sowie durch ackerbauliche Maßnahmen (u. a. versauernd wirkende N-Dünger) mit der Zeit ein. Um dem entgegenzuwirken ist eine regelmäßige Zufuhr basisch wirkender Düngemittel nötig. Obwohl kleinräumige pH-Wert-Unterschiede im Boden vorliegen, erfolgt die Ausbringung meist flächeneinheitlich, da die notwendige Probenahmedichte aus Zeit- und Kostengründen nicht realisiert werden kann. Folglich werden Teilflächen mit Kalk über- bzw. unterversorgt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Erfassung der räumlichen Variabilität der pH-Werte im Boden zur Optimierung acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen“ wurde an der Hochschule Osnabrück das Veris MSP, eine von der Firma Veris Technologies in den USA entwickelte Sensorplattform evaluiert, welches online hochaufgelöst Boden-pH-Werte misst und dabei kleinräumige pH-Wert-Differenzen sicher erfasst (**Bild 4**). Im Vergleich mit im Labor bestimmten Boden-pH-Werten zeigt sich eine zufriedenstellende Beziehung. Jedoch liegen die Veris MSP pH-Werte im Bereich kleiner pH 5,5 deutlich höher als die Laborwerte.

Parallel wird die elektrische Leitfähigkeit des Bodens, die es erlaubt, Aussagen über Bodenunterschiede in der Fläche zu treffen, gemessen. Untersuchungen belegen, dass hohe EC-Werte auf hohe Tongehalte hinweisen, jedoch eine quantitative Umrechnung nicht möglich ist. Grundsätzlich können somit alle erfassten Sensordaten nicht direkt in der

hiesigen Kalkdüngempfehlung Verwendung finden, jedoch lässt sich die Eingliederung einer Flächenkartierung mit dem Veris MSP mithilfe von Referenzbodenprobenahmen realisieren. Ein entsprechendes Konzept ist entwickelt und evaluiert worden, um zukünftig auf Basis von online-erfassten Boden-pH-Werten teilflächenspezifisch Kalk auszubringen [6].



Bild 4: Veris MSP zur PH-Wert Kartierung des Bodens [7]

Figure 4: Veris MSP for soil ph mapping [7]

Sensoren für die Bestandsführung

Der Yara-N-Sensor war jahrelang der einzig praxistaugliche Sensor, der verwertbare Messdaten zur Bestandsführung lieferte. Zwischenzeitlich gibt es mehrere Hersteller, die vergleichbare Sensoren anbieten (**Bild 5**). Ein Lehrstuhl der TU München hat vier Sensorsysteme miteinander verglichen [8]. Nutzbar werden die verschiedenen Messwerte in Verbindung mit dem entsprechenden Fachwissen bzgl. der Pflanzenernährung.

Alle Sensorsysteme messen im Nahbereich rechts und links vom Schlepper. Regeltechnisch wäre es möglich, die Sensordaten so auszuwerten, dass die Ausbringmengen rechts und links individuell angesteuert werden. In der Praxis ist dies noch nicht realisiert.



Bild 5: Isaria Sensorsystem von Fritzmeier Umwelttechnik [9]

Figure 5: Isaria sensor system from Fritzmeier Umwelttechnik [9]

Bewertung von Streubildern

Alle Zentrifugalstreuer haben die Eigenschaft auf wechselnde Stoffeigenschaften des Düngers zu reagieren, i.d.R. tritt eine Veränderung bei der Verteilcharakteristik ein. Ausgleichen lässt sich das nur durch eine individuelle, vom Dünger abhängige Einstellung des Düngerstreuers. Mit umfangreichen Streutabellen wird der Landwirt in die Lage versetzt, Zentrifugalstreuer optimal einzustellen.

Optimal bedeutet, dass der Zentrifugalstreuer ein Streubild mit folgenden Merkmalen erzeugt:

- Hohe Verteilgenauigkeit bzgl. der Querverteilung (Gleichmäßigkeit)
- Hohe Stabilität gegenüber Fremdeinflüssen (Unempfindlichkeit)

Zur Beurteilung der Verteilgenauigkeit legt man die Messwerte eines 2-dimensionalen Streubildes zur Grunde und es wird der Variationskoeffizient (VK-Wert) zur Beurteilung des Streubildes berechnet. Das Verfahren hat sich in der Praxis bewährt.

Die Stabilität beschreibt die Empfindlichkeit eines Streubildes, wenn äußere Einflüsse eine negative Wirkung auf die Querverteilung haben. Solche Einflüsse können sein:

- Wind
- Stoffeigenschaften des Düngers
- Bodenunebenheiten
- Fahrfehler

- Streuen in Hanglage

Zur Beurteilung der Stabilität ist bisher keine mathematische Formulierung bzgl. eines Bewertungsmaßstabs definiert worden. Es gibt nur die Aussagen, dass sich ein Streubild stabil verhält, wenn es folgende Eigenschaften hat:

- der Funktionsverlauf der VK-Werte im Bereich der untersuchten Arbeitsbreite flach verläuft
- das Streubild bei Hin- und Herfahrt eine möglichst große Überlappungszone aufweist.

Für jedes Grundstreubild gibt es eine VK-Kurve. Dieser kann man entnehmen, für welche Arbeitsbreiten sich brauchbare Querverteilungen bei der Düngerausbringung ergeben würden, der VK-Wert also möglichst niedrig ist. In dem Beispiel **Bild 6** wären das die Arbeitsbreiten $b = 24 \text{ m}$ und $b = 40 \text{ m}$. Trotz nahezu identischer VK-Werte, weist das Streubild bei 24 m eine höhere Stabilität auf, da der Verlauf flacher und die Überlappung größer ist. Das nachfolgende mathematische Denkmodell könnte ein Ansatz sein, ein Maß für die Stabilität zu definieren.

$$St(b) = \frac{2b}{W_{95}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 [(VK(b-i) - VK(b) + 3\%)^2 + (VK(b+i) - VK(b) + 3\%)^2]}{3,4}}$$

Der erste Ausdruck der Gleichung berücksichtigt die Überlappung. Es ist das Verhältnis von doppelter Arbeitsbreite zur Wurfweite w_{95} . Dabei ist w_{95} die Wurfweite die 95 % des geworfenen Düngers umschließt.

Der Wurzelanteil berücksichtigt den Funktionsverlauf der VK-Werte in einem Bereich um die gewählte Arbeitsbreite. Die VK-Kurve wird so verschoben, dass sie bei der zu betrachtenden Arbeitsbreite einen VK von 3 % hat. Die sich daraus ergebenden 5 VK-Werte rechts und links von der gewählten Arbeitsbreite b in Abstandstufen von 1 m gehen in die Berechnung ein.

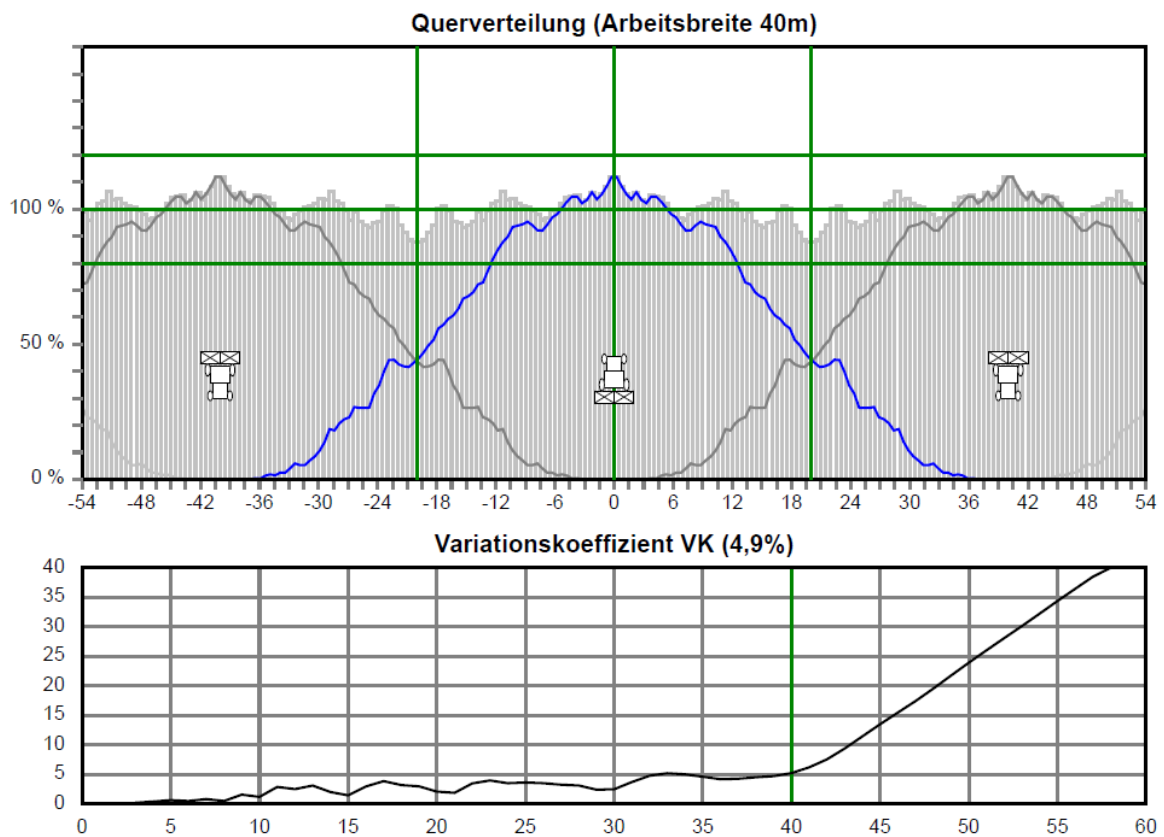


Bild 6: Beispiel zur Querverteilung und Verlauf des Variationskoeffizienten in Abhängigkeit der Arbeitsbreite

Figure 6: Example of lateral distribution of fertilizer and change of coefficient of variation with working width

Für das Beispiel in **Bild 6** berechnet sich danach für die Arbeitsbreite $b = 24$ m eine Stabilität von $St = 4,9 \%$ und für $b = 40$ m eine von $St = 11,9 \%$. Die Verschiebung der VK-Kurve durch den Punkt $b/3$ sowie des Teilers 3,4 in der Wurzel bewirken, dass das bekannte Bewertungsschema für die Querverteilung übernommen werden kann.

- $St = VK = 1,0 \%$ bis $5,0 \%$ sehr gut
- $St = VK = 5,1 \%$ bis $10,0 \%$ gut
- $St = VK = 10,1 \%$ bis $15,00 \%$ befriedigend

Detaillierte Betrachtung der unterschiedlichen Verhältnisse in [10].

Literatur

- [1] -, -: Internetauftritt der Firma Kverneland; GEOspread, <http://de.kverneland.com/>, Zugriff 01.10.2012.
- [2] -, -: Internetauftritt der Firma Rauch; GPS-Control, <http://www.rauch.de/>, Zugriff 01.10.2012.
- [3] -, -: "GO" Neuheitenbroschüre für 2012, Amazone HeadlandControl, S. 28-31.
- [4] -, -: "GO" Neuheitenbroschüre für 2012, Amazone WindControl, S. 26-27.
- [5] Borchert, A.; Pralle, H.; Trautz, D. und Olf, H.-W. (2011): Erstellung von pH-Wert Schlagkarten basierend auf online-erfassten Boden-pH-Werten als Grundlage teilflächenspezifischer Kalkapplikation. VDLUFA-Schriftenreihe 67.
- [6] Borchert, A.; Trautz, D. und Olf, H.-W. (2010): Eignung des Online-Messverfahrens VERIS MSP zur Erfassung der räumlichen Variabilität von pH-Werten in Ackerböden: Validierung anhand von Labor- und Felduntersuchungen. VDLUFA-Schriftenreihe 66.
- [7] -, -: Bild vom Internetauftritt der Firma Veris Technologies <http://www.veristech.com/>, Zugriff 01.10.2012
- [8] Ederle, K.; Mistele, B.; Schmidhalter, U.: Konkurrenz für's Surfbrett, dlz Agrarmagazin, März 2012, S. 28-34
- [9] -, -: Bild vom Internetauftritt von Fritzmeier Umwelttechnik, <http://www.umwelt.fritzmeier.de/>, Zugriff 01.10.2012
- [10] -, -: Internetauftritt von CC-Agri (Competence Center Agronomisches Wissen) <http://www.cc-agri.de/redirect/bewertung-von-streubildern>, Zugriff 01.11.2012.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Rahe, Florian; Scheufler, Bernd: Mineraldüngung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043447>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/112.html>